ГАЗПРОМ ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 99784 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

Заполняется проверяющим строго по образцу

Образец заполнения: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	16	16	16	12	18				

Оценка цифрами: 90

Оценка прописью: девяносто

Подпись

N1. $g' = \frac{1}{4} g$

С одной стороны: $F_T = mg$

С другой: $F_T = G\frac{Mm}{R_З^2}$, где M - масса Земли $\Bigg\} \Rightarrow \cancel{m} g = G\frac{M\cancel{m}}{R_З^2}$

$g = G\frac{M}{R_З^2}$

Тогда ускор. св. падения на высоте h:

$g' = \frac{GMm}{(R+h)^2}$, найдем отношение:

$\frac{g}{g'} = \frac{\cancel{G}\cancel{M}(R_З+h)^2}{R_З^2\,\cancel{G}\cancel{M}}$, т.к. $g' = \frac{1}{4}g$, то $\frac{4\cancel{g}}{\cancel{g}} = \frac{R_З^2 + 2R_З h + h^2}{R_З^2}$

$4 = 1 + 2\frac{h}{R_З} + \left(\frac{h}{R_З}\right)^2$

$\left(\frac{h}{R_З}\right)^2 + 2\frac{h}{R_З} - 3 = 0$

Пусть $t = \frac{h}{R_З}$

$t^2 + 2t - 3 = 0$

$\left[\begin{array}{l} t_1 = -3 \text{ - не имеет физ. см.} \\ t_2 = 1 \end{array}\right. \rightarrow \frac{h}{R_З} = 1 \Rightarrow \underline{h = R_З}$.

Если считать, что $R_З \simeq 6400$ км, то $h \simeq 6400$ км.

Ответ: $h = R_З$ или $h \simeq 6400$ км.

+

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 99784 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

N5

Дано

$S = 20 см^2 = 20 \cdot 10^{-4} м^2 = 2 \cdot 10^{-3} м^2$

$M = 1 кг$

$t_0 = 0°C$

$t = 100°$

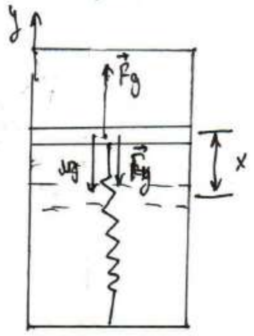
$T = 373 K$

$k = 30 \frac{Н}{м}$

$m - ?$

Решение

После нагревания:



По 2 закону Ньютона:

$\vec{F}_g + M\vec{g} + \vec{F}_y = \vec{0}$ (т.к. $a=0$) (система в равнов.)

O_y: $F_g = Mg + F_y$

$p_0 S = Mg + kx$, здесь x - смещение (по модулю), а p_0 — давление нас. паров воды при $t = 100°C$, т.е. равно норм. атм. давлению: $p_0 = 10^5$ Па

$p_0 S = Mg + kx \quad | \cdot S$

$p_0 S^2 = MgS + kV \quad (x \cdot S = V)$, откуда:

$V = \frac{p_0 S^2 - MgS}{k}$

$V = \frac{S(p_0 S - Mg)}{k}$ (1)

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$p_0 V = \frac{m}{M_в} RT$, для водяных паров: $M_в = 18 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль}$.

$m = \frac{p_0 V M_в}{RT}$ K С(1) получаем:

$m = \frac{p_0 S(p_0 S - Mg) M_в}{RT}$

$m = \frac{10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} (10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} - 10) 18 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 373} \approx 0{,}222$ K

Ответ: $m \approx 0{,}222$.

N3.

Дано

$H = 20 м$

$\alpha = \frac{2}{3}$

$m = 2 кг$

$V = 15 дм^3 = 15 \cdot 10^{-3} м^3 = 1{,}5 \cdot 10^{-2} м^3$

$\rho = 10^3 \frac{кг}{м^3}$

$A - ?$

Решение

~~По теореме о кин. энергии:~~

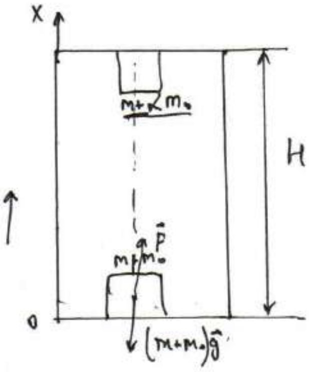
~~$A = \Delta E_k$~~ Работа по определению:

$A = F \cdot S \cdot \underbrace{\cos\alpha}_{=1}$, из 2-го закона Ньютона:

Ox: $F = (m + m_0(x))g$, где

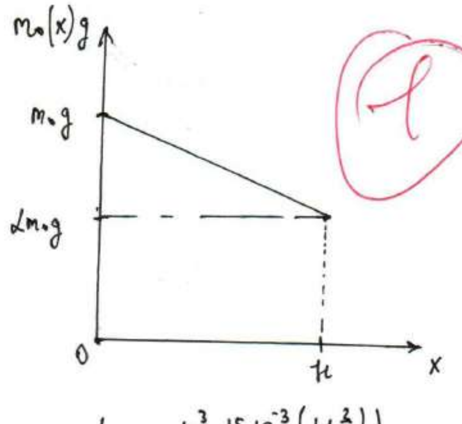
$m_0(x)$ – зависимость массы воды от положения ведра

$S = H$, тогда:



(1) $A = mgH + m_0(x)gH$, обозначим $m_0(x) \cdot gH$ как A_0.

Т.к. вода вытекает равномерн: очевидно, что график зависимости $m_0(x)g$ от S будет прямой:



Работа A_0 численно равна площади под графиком:

$A_0 = \frac{(m_0 g + \alpha m_0 g)}{2} \cdot H$, тогда

(1): $A = mgH + \frac{m_0 g(1+\alpha)}{2} H$

$A = gH\left(m + \frac{m_0(1+\alpha)}{2}\right)$, $m_0 = \rho V$:

$A = gH\left(m + \frac{\rho V(1+\alpha)}{2}\right)$

$A = 9{,}87 \cdot 20\left(2 + \frac{10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-3}\left(1+\frac{2}{3}\right)}{2}\right) = 2862{,}3$ Дж

Ответ: $A = 2862{,}3$ Дж.

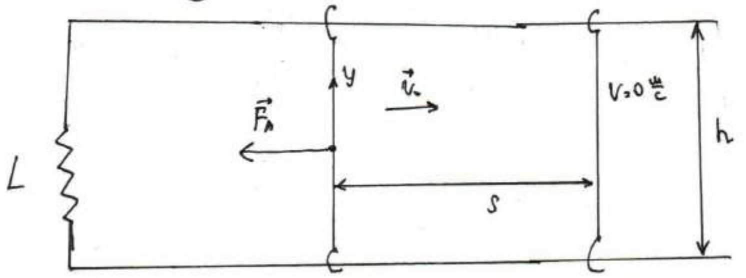
Физика

Площадка написания: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 99784 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

N6. ⊗ $\vec{B}$ – для определенности будем считать, что $\vec{B}$ направлен от наблюдателя.



Закон электромагнитной индукции ~~в любой момент времени~~ за малый момент времени:

$\cancel{\int_{\mathcal{E}_1}^{0} d\mathcal{E}_i = \int_{v_0}^{0} Bh\,dv} \rightarrow \cancel{\mathcal{E}_i = Bh\ldots}\quad d\mathcal{E}_i = Bh\cdot dv\,\underbrace{\sin\alpha}_{=1}$

ЭДС самоиндукции:

$d\mathcal{E}_{si} = \frac{L\,di}{dt} = |d\mathcal{E}_i| \Rightarrow$

$\frac{L\,di}{dt} = Bh\,dv$

$L\,di = Bh\,\underbrace{dv\cdot dt}_{=ds}$

$L\,di = Bh\cdot ds \longrightarrow di = \frac{Bh\cdot ds}{L}$ (1)

По 2 закону Ньютона:

$dF_A = m\,da_x$, С другой стороны: $dF_A = Bh\,\underbrace{\sin\alpha}_{=1}\cdot di \Rightarrow$

$Bh\cdot di = m\,da$, С учетом (1):

$\int_0^s \frac{B^2h^2\,ds}{L} = \int_{a_x}^{0} m\,da_x - \frac{B^2h^2\cdot s}{L} = -ma \Rightarrow a_x = -\frac{B^2h^2 s}{Lm}$ – среднее ускорение

Для среднего ускорения справедливы формулы РУД:

$S_x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a_x}$ ($v=0$ по усл.); Ox: $S = \frac{-v_0^2 Lm}{-2B^2h^2 S}$; $S^2 = \frac{v_0^2 Lm}{2B^2h^2} \Rightarrow S = \frac{v_0}{Bh}\sqrt{\frac{Lm}{2}}$

Ответ: $S = \frac{v_0}{Bh}\sqrt{\frac{Lm}{2}}$.

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

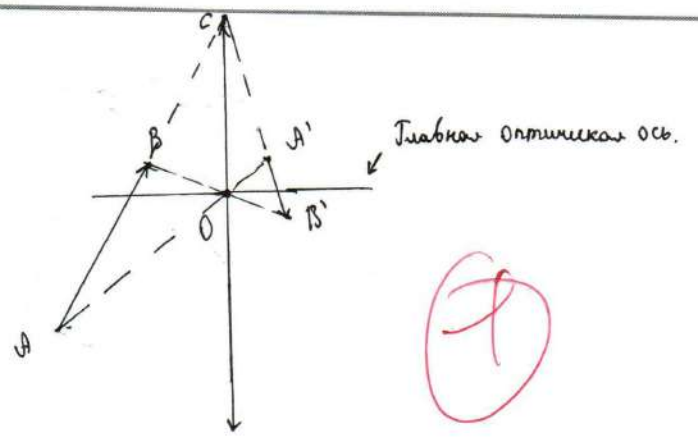
Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 99784 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

N 2.



1. Проведем лучи AA', BB' — они пересекутся в т O. т O — оптический центр линзы, т.к. лучи, проходящие через оптический центр не преломляется.

2. Полученное изображение является перевернутым, уменьшенным. Такое изображение дает собирающая линза при $d > 2F$, а $f \in (F; 2F)$

3. Пусть $AB \cap B'A' = C$. Точка C лежит на линзе, т.к. точка перес. фокальной плоскости и побочной оптической оси ~~будет лежать~~ (пар. AB) будет лежать на прямой A'B'.

4. Получаем, что прямая CO – линза. Проведем прямую перпендикулярную CO (линзе) в т.O. Это и будет главная оптическая ось.

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

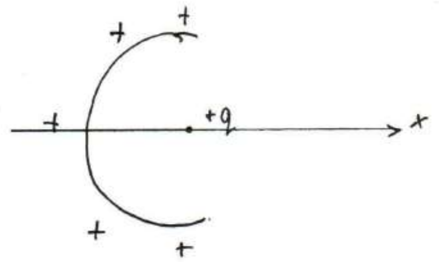
Физика

Площадка написания: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 99784 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

N4



Выделим малый участок сферы площадью dS. Его можно приблизительно считать заряженной плоскостью (напряж. на вертикальную ось компенсируются, поэтому на Ox):

$\oint dE = \frac{dq}{\varepsilon_0 \cdot dS}\cos\alpha$, где $\alpha \in [0; \frac{\pi}{2}]$, т.е. $\cos\alpha \in [1;0]$. Возьмем среднее значение косинуса ~~для~~ для полусферы: $\cos\alpha = \frac{1}{2}$

Интегрируя, получим:

$$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 4\pi R^2} = k\frac{Q}{R^2}$$

Энергия вначале: $W_{p0} = qE\cdot R = k\frac{Qq}{R}$;

ЗСЭ:

$W_{p0} = E_{k1} + E_{k2}$

$\cancel{k\frac{Qq}{R} = \frac{(m+M)v^2}{2}}$, откуда:

$\cancel{v_2 = \sqrt{\frac{2kQq}{R(m+M)}}}$

~~Ответ:~~ $\cancel{v = \sqrt{\frac{2kQq}{R(m+M)}}}$

Из 2 з.Н: $F = m_1 a_1$; $F = M a_2 = M\frac{dv_2}{dt}$

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{M}{m_1} \Rightarrow v_1 = \frac{M}{m_1}v_2$

$$k\frac{Qq}{R} = \frac{Mv_2^2}{2} + \frac{M M^2 v_2^2}{m^2\, 2}$$

$$k\frac{Qq}{R} = \frac{Mv_2^2}{2} + \frac{M^3}{m^2}\frac{v_2^2}{2}$$

$$k\frac{Qq}{R} = v_2^2\left(\frac{M}{2} + \frac{M^3}{m^2 2}\right)$$

$$\boxed{v_2 = \sqrt{\frac{kQq}{R\left(\frac{M}{2} + \frac{M^3}{m^2 2}\right)}}}$$